Caracterización petrográfica de las rocas adyacentes al yacimiento Dumañuecos y la manifestación Mir

Petrographic characterization of the rocks adjacent to the Dumañuecos deposit and the Mir manifestation

Oclides Carmenate Hechavarría ochechavarria@ismm.edu.cu [(1)]
Luis Alberto Pérez García lapgarcia@ismm.edu.cu [(1)]
Gerardo Orozco Melgar gorozco@ismm.edu.cu [(1)]
[(1)] Universidad de Moa, Cuba

Resumen: El yacimiento Dumañuecos y la manifestación Mir son depósitos de arcillas caoliníticas que están genéticamente relacionados con la Formación Caobilla, conservando características distintivas. En este contexto se caracterizaron petrográficamente las rocas adyacentes a estos depósitos caoliníticos. La metodología utilizada se dividió en cuatro etapas: revisión bibliográfica, trabajos de campo, análisis de laboratorio e interpretación de resultados. En el yacimiento Dumañuecos, se analizaron exclusivamente muestras cuarzificadas provenientes de la parte inferior del corte geológico. La paragénesis mineral de este yacimiento está dominada por cuarzo, acompañado de óxi-hidróxidos de hierro, jarosita, minerales metálicos y arcillosos. Las texturas varían desde masivas hasta brechadas, dependiendo de la muestra analizada. Por otra parte, en la manifestación Mir, se determinó que la roca madre posiblemente sea andesita. La composición mineral en este caso incluye plagioclasas, minerales metálicos, matriz silicificada, cuarzo, feldespatos, minerales arcillosos, clastos, cementos carbonatos, óxidos e hidróxidos de hierro, piroxenos y jarosita. Las texturas presentes varían entre brechosas, porfídicas y microlíticas-relícticas, dependiendo de la muestra analizada.

Palabras claves: caolín, filosilicatos, minerales arcillosos, silicato

Abstract: The Dumañuecos deposit and the Mir manifestation are kaolinitic clay deposits that are genetically related to the Caobilla Formation, preserving distinctive characteristics. In this context, the present research focuses on petrographically characterizing the rocks adjacent to these kaolinitic deposits. The methodology used was

divided into four stages: literature review, field work, laboratory analysis and interpretation of results. The findings obtained indicate that, in the Dumañuecos deposit, only quartz samples from the lower part of the geological cut were analyzed. The mineral paragenesis of this deposit is dominated by quartz, accompanied by Fe oxyhydroxides, jarosite, metallic and clay minerals. The textures vary from massive to brecciated, depending on the sample analyzed. On the other hand, in the Mir sample, it was determined that the source rock is possibly andesite. The mineral composition in this case includes plagioclase, metallic minerals, silicified matrix, quartz, feldspars, clay minerals, clasts, carbonate cements, iron oxides and hydroxides, pyroxenes and jarosite. The textures present vary between brecciated, porphyritic and microlitic-relictic, depending on the sample analyzed.

Keywords: kaolin, phyllosilicates, clay minerals, silicate

Introducción

En Cuba existe una gran variabilidad genética de depósitos y yacimientos de arcillas caoliníticas. Estos se encuentran diseminados por todo el territorio nacional; como evidencia de ello, se encuentran los yacimientos: Río del Callejón, Pino, Toño, Brooklyn y Santa Isabel en la zona occidental; Hortensia, Pontezuela, Gaspar y Bañadero en la zona Central y Dumañuecos, Mir, Caisimú, El Cobre y Cayo Guam en la zona oriental (Cortés *et al.*, 2006; Formell-Cortina, 2021; Espinosa-Borges *et al.*, 2022; Hidalgo-Suárez *et al*., 2022).

Los principales depósitos de arcillas caoliníticas en la región centro-oriental de Cuba se encuentran ubicados en el Arco Volcánico Cretácico; genéticamente vinculados a fenómenos de alteración epitermal de baja sulfuración de la Formación Caobilla y tienen origen hidrotermal (Cortés *et al.,* 2004); Es el caso del yacimiento Gaspar (Ciego de Ávila), Pontezuela (Camagüey), Caisimú y Dumañuecos (Las Tunas) y Mir (Holguín). El objetivo de este estudio es caracterizar las rocas adyacentes a los depósitos caoliníticos Dumañuecos y la manifestación Mir.

La formación de estos depósitos presenta un interés científico y práctico, ya que participan de un conjunto de secuencias geológicas cuya zonación en términos de alcalinidad es contradictoria. Este estudio es esencial para el establecimiento de la evolución de las series magmáticas de la región, lo que a su vez puede proporcionar valiosa información sobre los procesos geodinámicos y la historia geológica de la zona.

Además, en esta formación se encuentran los sectores mineralizados Gaspar y El Pilar (Milian *et al.*, 2001; González Jiménez, 2022; García Obregón, 2024). Debido a su entorno de formación, estas depósitos caoliníticos se clasifican dentro del grupo de depósitos hidrotermales o primarios (Wilson, 1999; Galán, 2006; Velde & Meunier, 2008; Velde, 2013; Dill, 2016).

Se hace fundamental establecer las regularidades petrográficas presentes en las rocas adyacentes a estos depósitos para comprender mejor sus particularidades con relación a la Formación Caobilla.

Ubicación geográfica

El yacimiento de caolín Dumañuecos se localiza en el poblado homónimo del municipio de Manatí, en la provincia de Las Tunas (Figura 1). Limita al este con el municipio de Puerto Padre, al oeste con la provincia de Camagüey, al sur con el municipio Las Tunas y al norte con el mar Caribe (Océano Atlántico).

La manifestación Mir se encuentra en el poblado de igual nombre, perteneciente al municipio Calixto García, en la provincia de Holguín. Se trata de una cantera de préstamo situada a 3 km al SW del poblado de Mir, dentro del mismo municipio (Figura 1).

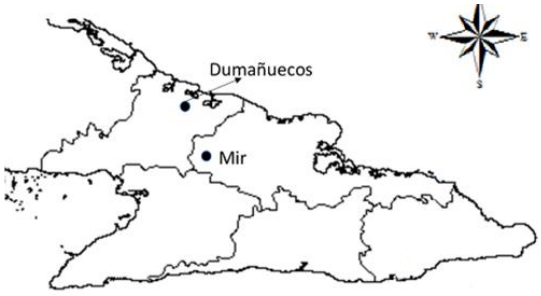

Figura 1. Esquema del mapa de Cuba, señalando los depósitos de arcillas caoliníticas de Mir y Dumañuecos.

Geología del área

En la manifestación Mir las rocas están relacionadas al arco volcánico albiense-campaniense con tendencia ácida representadas por riolita parcialmente alteradas y componentes vulcanógeno-sedimentarios compuestos por tobas (Hidalgo-Suárez *et al.,* 2022). En estas rocas se han desarrollado procesos hidrotermales posteriores que propiciaron la formación de sulfuros representados por calcopirita y bornita. Las

principales alteraciones desarrolladas en el depósito están representadas por procesos de caolinitización muy intensos en algunos sectores y en menor medida oxidación (Hidalgo Suárez *et al.,* 2019). El perfil esquemático se muestra en la Figura 2.



Figura 2. Perfil esquemático de la manifestación Mir (González-Jiménez, 2022).

Las rocas del yacimiento Dumañuecos pertenecen a las series inferiores y superiores del arco volcánico del Aptiano-Campaniano, las cuales están representadas por el complejo de las rocas efusivas de composición intermedia y básica relacionadas a la formación Caobilla. Una característica típica de esta región es la presencia de intrusiones ácidas de granitos (Cortés *et al.*, 2006). En los alrededores de las rocas intrusivas se observan formaciones sedimentarias y vulcanógeno-sedimentarias del Mioceno (Stanek, 1996). En particular el yacimiento de caolín Dumañuecos se ha formado por transformaciones de riolitas y parcialmente por las transformaciones de rocas tipo andesitas y tobas. La transformación de la riolita en caolinita fue causada por procesos post magmáticos (Espinosa-Borges *et al.,* 2022). La meteorización ha originado arcillas coloreadas (presencia de hematita y anatasa). Por la forma de los cuerpos minerales (Figura 3), se trata de una antigua estructura volcánica con zonas tectónicas anulares, posiblemente una caldera. En esta área se desarrolla la formación Caobilla, que está constituida por una secuencia vulcanógeno–sedimentaria donde predominan las variedades ácidas (dacita, riodacita y riolita) calcoalcalinas, las variedades medias incluyen andesitas.

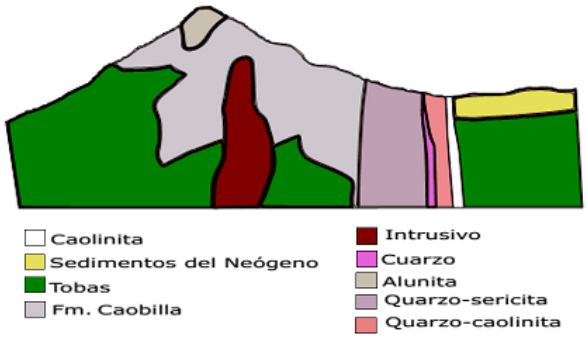

Figura 3. Perfil esquemático del yacimiento Dumañuecos (Espinosa-Borges, 2019).

Materiales y métodos

Debido a su grado de estudio, algunos depósitos están elevados a la categoría de yacimientos y otros solo constituyen manifestaciones minerales. La manifestación Mir no tienen un interés comercial industrial en este momento, sino meramente investigativo; esto se debe a que no cuenta con una debida evaluación geológica (González-Jiménez, 2022; Hidalgo-Suárez *et al.,* 2022). La geología del yacimiento Dumañuecos ha sido estudiada por Espinosa Borges (2019) y Espinosa-Borges *et al.*, 2022).

Trabajos de campo

Los trabajos de campo fueron realizados por el grupo de Geotecnología de la Universidad de Moa. En la manifestación Mir se muestrearon las zonas apicales de las vetas de caolinita, expuestas a los agentes de intemperismo. Mientras que en el yacimiento Dumañuecos se muestreo la zona cuarzificada proveniente de la parte inferior del corte geológico.

Análisis de laboratorio

Las secciones delgadas fueron preparadas en el Laboratorio del Instituto de Geología y Paleontología (IGP) en la Habana. Fueron analizadas un total de 20 muestras de rocas, pertenecientes 10 a cada uno de los depósitos seleccionados. Los análisis petrográficos fueron realizados con el microscopio de luz polarizada tipo AXIO Lab. A1 de la ZEISS.

Interpretación de los resultados

Las muestras fueron analizadas y descritas según la clasificación de Schmidt (1981) y Sistema de Clasificación de las Rocas Cubanas (Aguirre & Torres, 2019).

Resultados

Yacimiento Dumañuecos

En el Yacimiento Dumañuecos, en las muestras DM-1 y DM-2 se observan una masa de cuarzo de grano fino-medio con abundantes inclusiones de minerales metálicos que le confieren un aspecto sucio, cortada por una red de vetillas rellenas por óxi-hidróxidos de Fe y jarosita (Figura 4).

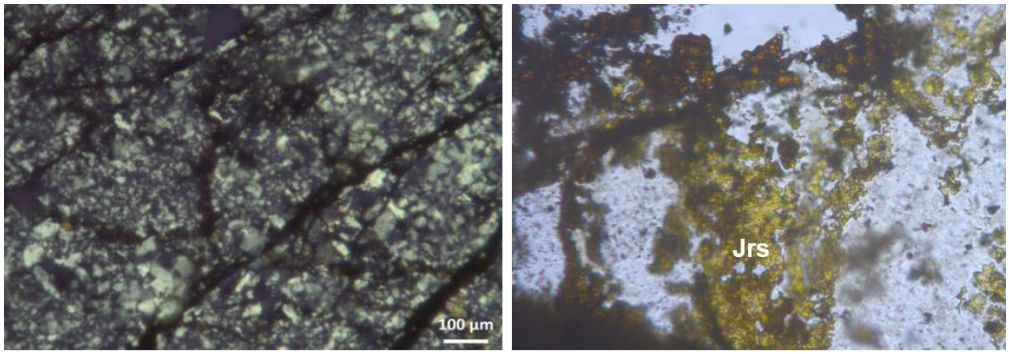

Figura 4. a) Muestra DM-1. NX. Cuarzo de grano fino-medio cortado por vetillas rellenas de óxi-hidróxidos de Fe y jarosita (Jrs). b) Muestra DM-2. NP. Nótese la coloración amarillo verdosa característica de la jarosita (Jrs) junto con óxi-hidróxidos de Fe.

En la muestra DM-3, debido a que el corte de la roca solo abarcó uno de los fragmentos más grandes, se aprecia una masa de cuarzo con inclusiones metálicas que le dan un aspecto sucio, interrumpida por algunas vetillas de óxido-hidróxidos de Fe y jarosita (Figura 5 a). El cuarzo se presenta en dos generaciones: una de grano fino y otra de grano grueso, esta última a menudo asociada con minerales metálicos de mayor tamaño.

Las muestras DM-4 y DM-5 presentan fragmentos angulosos de cuarzo microcristalino fino y roca silicificada, unidos por óxi-hidróxidos de Fe (Figura 5 b).

Estos fragmentos están atravesados por vetillas de los mismos minerales presentes en el cemento de la roca, mostrando en algunos clastos la forma de fenocristales de plagioclasas pseudomorfizados por el cuarzo, indicando una posible andesita intensamente silicificada (Figura 5 c).

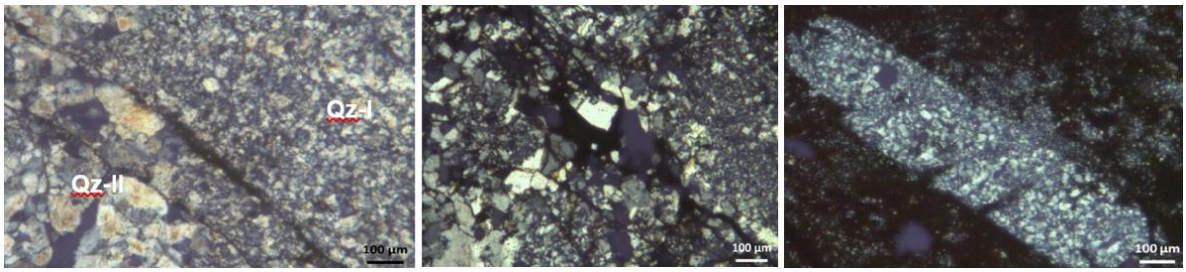

Figura 5. a) Muestra DM-3. NX. Masa de cuarzo Los metálicos de mayor tamaño de grano se asocian al cuarzo de segunda generación (Qz-II). Cuarzo fino de primera generación (Qz-I). b) Muestra DM-4. NX. Cuarzo de grano fino-grueso cortado por vetillas de óxi-hidróxidos de Fe con jarosita. c) Muestra DM-5. NX. Brecha de cuarzo. Detalle de fenocristal de plagioclasa pseudomorfizado por cuarzo en uno de los clastos de roca intensamente silicificada.

En las muestras DM-6 y DM-10 se aprecia una masa de cuarzo de grano fino-medio con agregados de minerales arcillosos y finos granos de minerales metálicos dispersos junto con jarosita (Figura 6).

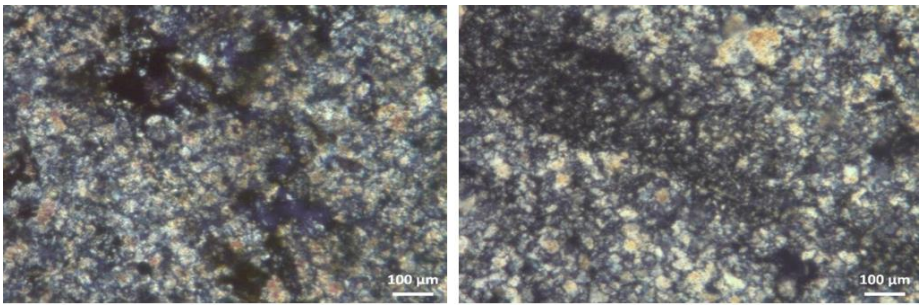

Figura 6. a) Muestra DM-6. NX. Cuarzo con una mezcla de minerales arcillosos, metálicos y jarosita. b) Muestra DM-10. NX. Masa de cuarzo de grano fino-medio con agregados arcillosos con metálicos finos.

Por otro lado, en las muestras DM-7, DM-8 y DM-9 se distingue una roca compuesta por fragmentos de cuarzo unidos por óxi-hidróxidos de Fe (Figura 7).

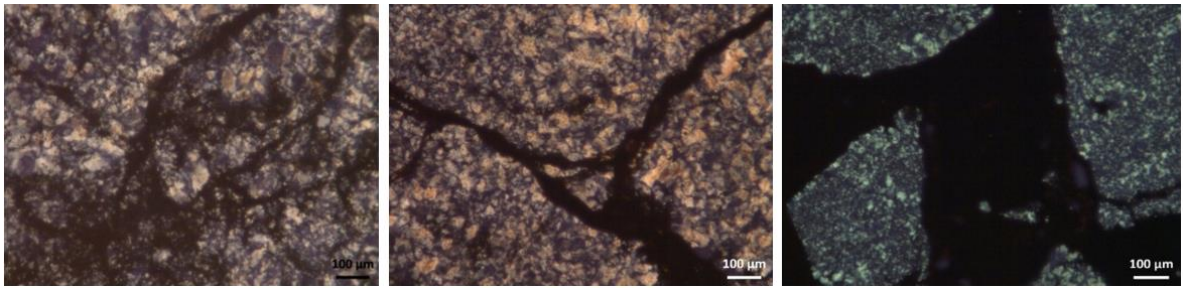

Figura 7. a) Muestra DM-7. NX. Brecha de cuarzo cementada por óxi-hidróxidos de Fe. b) Muestra DM-8. NX. Fragmentos de cuarzo de grano fino-medio cementados por óxi-hidróxidos de Fe. c) Muestra DM-9. NX. Brecha de cuarzo cementada por óxi-hidróxidos de Fe.

Manifestación Mir

En la manifestación Mir la muestra MR-1 es una roca formada por fragmentos angulosos de diorita cuarcífera (Figura 8 a), algunos son > 2cm, esta roca contiene granos de cuarzo en cortes cuadrados, basales hexagonales y agregados muy finos entre granos, anfíbol tipo hornblenda y plagioclasas zonadas de variado tamaño. Estos fragmentos de roca contienen granos metálicos dispersos. El material cementante es carbonato de calcio en mosaico, de grano grueso (Figura 8 b).

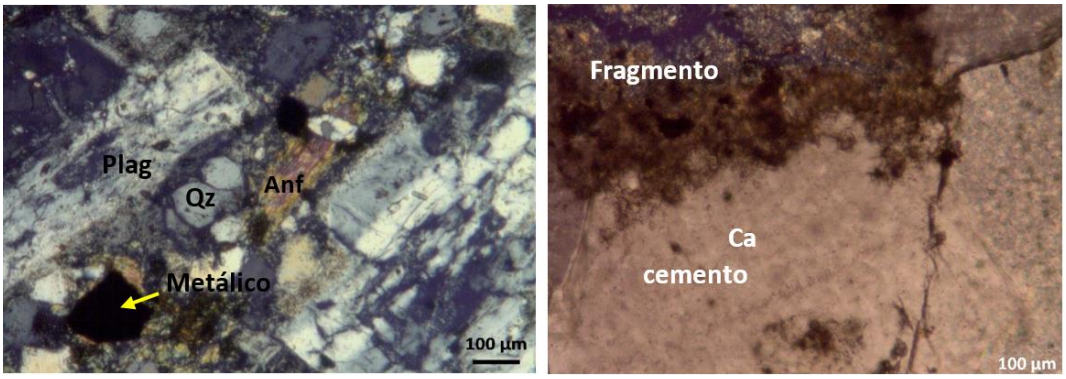

Figura 8. a) NX. MR-1. Diorita cuarcífera. Anfíbol (Anf), plagioclasa zonada (Plag), cuarzo (Qz). b) NX. MR-1. Carbonato de calcio que cementa los fragmentos.

En la muestra MR-2 se observa una roca que, por su contenido de plagioclasas tabulares anchas, característica de la andesita, se puede inferir una composición media. Se encuentra totalmente alterada a minerales arcillosos lo que hace difícil la preparación de la lámina delgada, por la pérdida de material en su confección. La arcilla se evidencia en fenocristales y matriz por lo que la roca pierde su textura original. Hay granos metálicos dispersos en diminutos granos anhedrales y cúbicos (Figura 9).

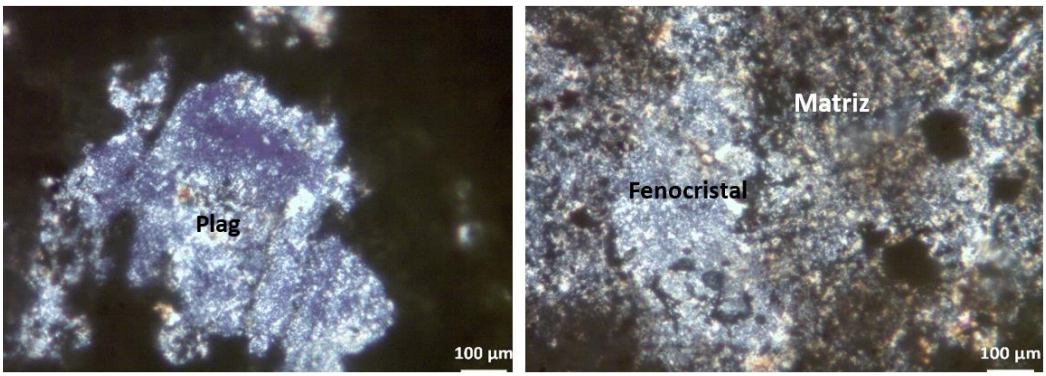

Figura 9. a) NX. MR-2. Andesita alterada donde se nota plagioclasa tabular ancha alterada a arcilla (Plag). b) NX. MR-2. Andesita alterada que muestra la alteración del mineral arcilloso en matriz y fenocristal.

En las muestras MR-3 y MR-4 se observa una roca transformada a una masa de sílice oquerosa residual (Figura 10), en algunas áreas se distinguen fragmentos angulosos silicificados de relictos de roca primaria totalmente sustituidos. La roca esta manchada por óxidos de hierro.

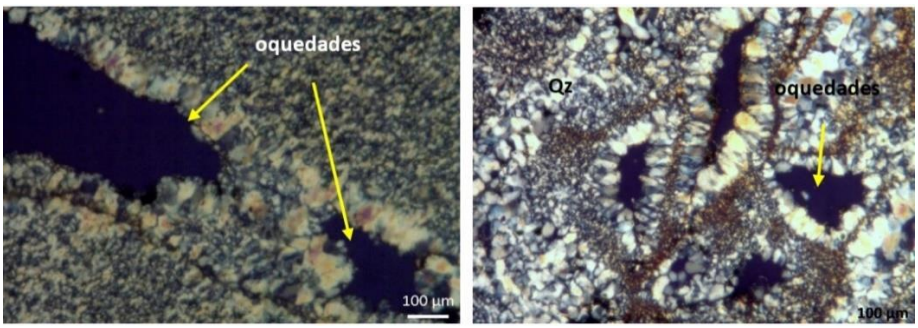

Figura 10. a) NX. RM-3. Zona epitermal de cuarzo oqueroso. b) NX. RM-4. Zona epitermal de cuarzo oqueroso-Qz.

En la muestra MR-5 se observa una roca de textura porfídica con fenocristales de piroxenos en cortes basales (Figura 11 a) y plagioclasas tabulares anchos, envueltos por una matriz alterada por sílice arcilla y clorita, los microlitos se muestran difusos debido a la alteración. La roca se altera intensamente por arcilla en fenocristales de plagioclasas, dejando espacios vacíos en cristales tabulares en confección de la lámina y sílice en piroxenos en matriz (Figura 11 b y c). Aparecen otros minerales tipo jarosita de color amarillo verdoso a amarillo dorado profundo (Figura 11 d), formados por las soluciones hidrotermales y oxidación de sulfuros. El mineral metálico es de formación posterior, aparece en granos dispersos y vetillas cortando fenocristales.

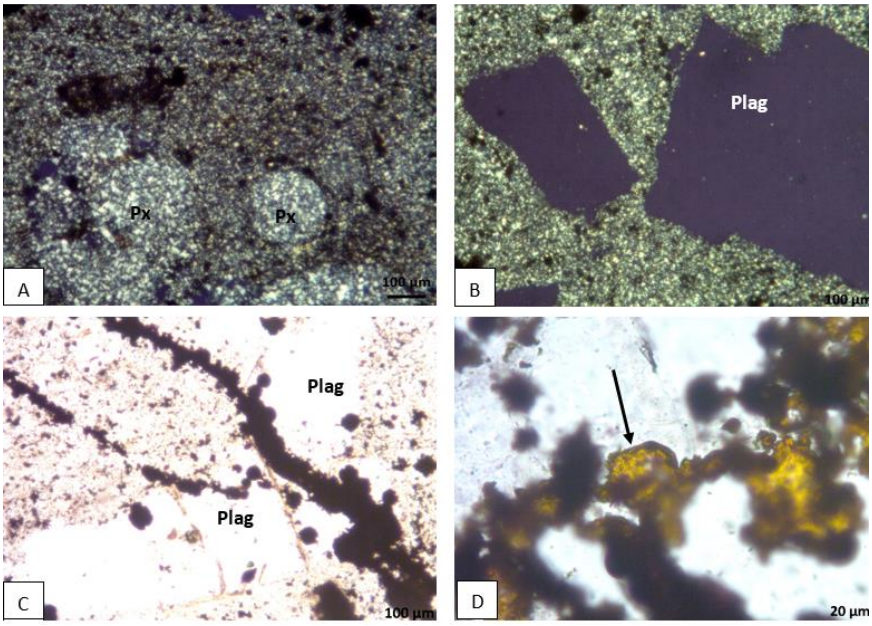

Figura 11. a) NX. MR-5. Andesita. Cortes basales de piroxenos (Px) silicificados. b) NX. MR-5. Andesita. c) NP. MR-5. Andesita. Vetillas de mineral metálico atravesando fenocristales de plagioclasas. d) NP. MR-5. Jarosita de color amarillo dorado profundo en placas basales y racimos de granos.

En la muestra MR-6 se observa que la roca conserva escasos relictos de textura primaria (Figura 12 a) debido a la intensa alteración por minerales arcillosos, cuarzo y óxidos e hidróxidos de hierro. El mineral metálico aparece en granos dispersos, formando agregados y vetillas. El cuarzo es de formación posterior con relación a los minerales arcillosos y metálicos (Figura 12 b). Hay jarosita de color amarillo verdoso a dorado profundo en racimos de granos redondeados, formada por la oxidación del sulfuro.

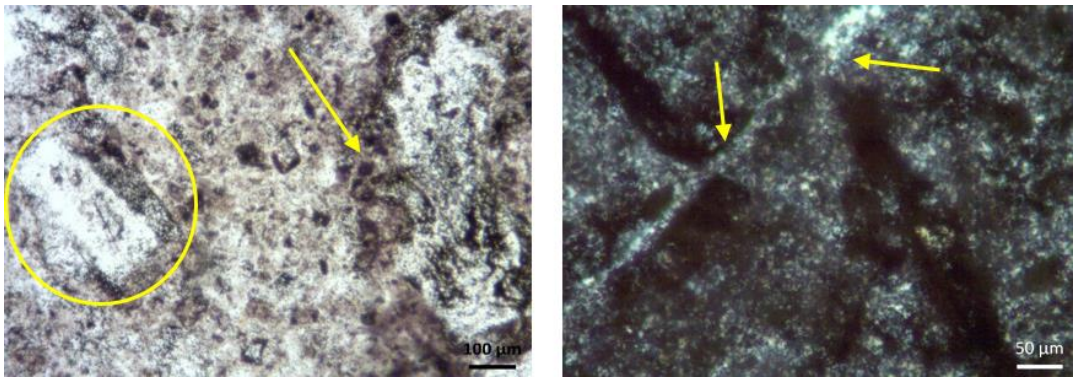

Figura 12. a) NP. MR-6. Lava alterada. Relictos de textura porfídica con cristales tabulares de feldespatos. Muestra delimitación de los cristales y polvillo de metálico. b) NX. MR-6. Cuarzo de formación posterior señalado por flechas.

En la muestra MR-7 la roca descrita podría ser una episienita, roca formada por alteración hidrotermal de granitos en la que se lixivia el cuarzo y se conservan escasos relictos de cristales de feldespatos, hay escasos restos tabulares de plagioclasas alterados a arcilla, pero bajo microscopio se observa con aspecto fragmentario debido a los agregados de grano fino de metálico y en forma de manchas de óxidos amorfos. Los minerales de alteración están alterando toda la masa de la roca junto con cuarzo y óxidos de hierro (Figura 13 a). En la muestra MR-8 la roca se ha transformado a una masa de sílice poroso residual, los minerales arcillosos han sido lixiviados pasando a la silicificación (Figura 13 b).

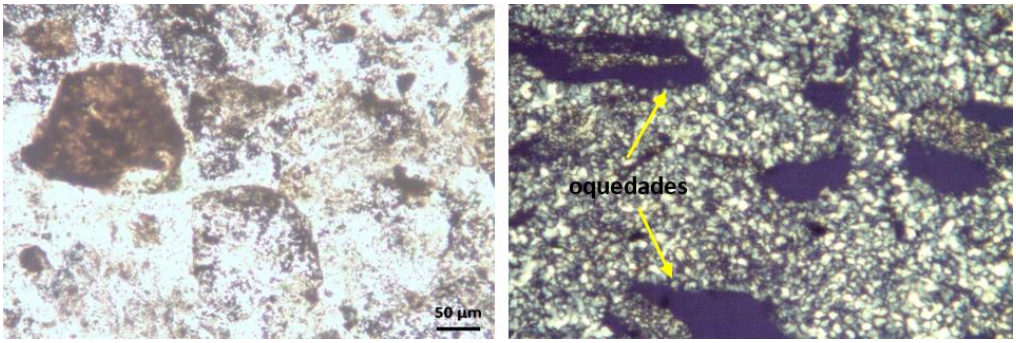

Figura 13. a) NX. MR-7. Posible lava intensamente alterada por arcilla y cuarzo con abundantes granos metálicos formando fragmentos y diseminados. b) NX. RM-8. Masa de sílice porosa residual (Qz).

En las muestras MR-9 y MR-10 se observa una roca de textura porfídica, intensamente alterada por minerales arcillosos en fenocristales y matriz, lo cual hace que la muestra tenga perdida de material en la confección de la lámina delgada. Contiene fenocristales de plagioclasas tabulares anchos de variados tamaños y se encuentran alterados por arcilla en el centro y clorita en los bordes (Figura 14 a).

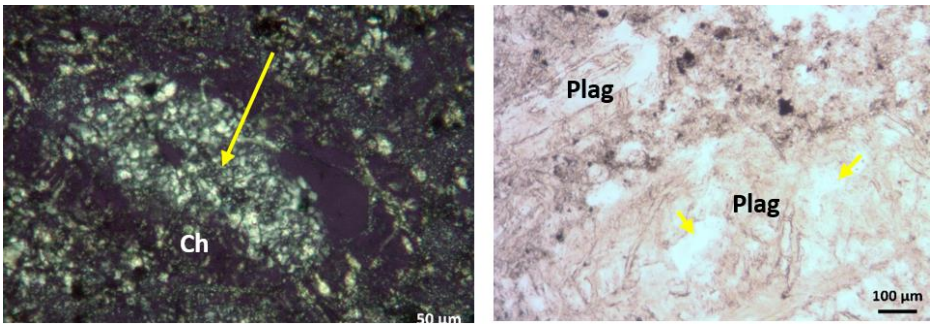

Figura 14. a) NX. MR-9. Andesita alterada. Detalle de fenocristal de plagioclasa alterado a arcilla (centro) y en los bordes por clorita. b) NP. MR-10. Andesita alterada. Se divisan espacios vacíos en plagioclasas por la pérdida de mineral arcillosos.

Discusión

Yacimiento Dumañuecos

La composición mineral varía en cuanto a los contenidos de cuarzo y óxi-hidróxidos de Fe + jarosita, observándose un mayor contenido de cuarzo en todas las muestras. El contenido de cuarzo es más alto en las muestras DM-2 y DM8, con contenidos superiores al 78%, mientras que las muestras DM-5 y DM-6 son las que más bajo contenido de cuarzo tiene presentando solamente un 65%. El porcentaje restante corresponde a óxi-

hidróxidos de Fe + jarosita, siendo las muestras DM-5 y DM-6 las que mayor por ciento tienen con un 35%.

Las muestras DM-1, DM-2, DM-4 y DM-8 presentan texturas masivas en forma de vetas; reflejando que los minerales no tienen una disposición regular, estas vetas se han formado posteriormente a la roca en la que se encuentra. Las muestras DM-6 y DM-10 presentan textura masiva. Por otro lado, en las muestras DM-3, DM-5, DM-7 y DM-9 se observan texturas brechadas; indicando que la roca ha experimentado una fractura significativa y posteriormente ha sido cementada por minerales o material de relleno. Los cristales presentes tienen tamaños variados llegando a ser criptocristalinos y no están foliados. Están representados principalmente por cristales de cuarzo subhédricos, con cara identificables y bordes redondeados por la acción de los fluidos hidrotermales. Estos cristales proceden de la roca original, por la abundancia de este mineral se constata que se trata de una roca volcánica de composición ácida, riolita. Predominan los cristales cuarzo policristalino y dentro de estos se han desarrollado numerosas inclusiones de feldespatos.

Manifestación Mir

La composición mineral varia de plagioclasas, minerales metálicos, matriz, cuarzo, relictos de fenocristales de feldespato, minerales arcillosos, clastos, cementos carbonatos, óxidos e hidróxidos de hierro, piroxenos y jarosita.

En relación con la textura de las rocas en las muestras analizadas, la roca perteneciente a la muestra MR-1 presenta una textura brechosa. Las muestras MR-2 y MR-9 presentan texturas porfídicas, de la misma manera la muestras MR-5 y MR-6 presentan texturas porfídicas, pero en estos casos de tipo microlítica-relictica respectivamente.

Conclusiones

En el yacimiento Dumañuecos solo se analizó el material cuarzoso de la parte baja del corte geológico, mientras que en la manifestación Mir se determinó que la roca madre es posible andesita y en menor medida algunas muestras de riolita.

En el yacimiento Dumañuecos la paragénesis mineral está claramente dominada por el cuarzo, acompañado por óxi-hidróxidos de Fe, jarosita, minerales metálicos y arcillosos como fases accesorias.

E la manifestación Mir la composición mineral incluye plagioclasas, minerales metálicos, matriz silicificada, cuarzo, feldespatos, minerales arcillosos, clastos, cementos carbonatos, óxidos e hidróxidos de hierro, piroxenos y jarosita.

Referencias bibliográficas

Aguirre, G. & Torres, M. (2019). *Sistema de Clasificación de las Rocas Cubanas*. Centro Nacional de Información Geológica, Biblioteca EDUNIV. http://repositorio.eduniv.cu/item/show/3458

Cortés, G. R. M., Hennies, W. T., & Valenzuela-Díaz, F. R. (2006). Contribution to a Technological Characterization of Kaolins from Cuba and Brazil. *Materials Science Forum*, *530*, 720-727. https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/msf.530-531.720

Cortés, G. R. M., Kozievitch, V. F. J., Xavier, C., Hennies, W. T., & Valenzuela, F. R. (2004). *Propriedades cerâmicas de caulins da República de Cuba. Parte III. Caulim Dumañuecos*.

Dill, H. G. (2016). Kaolin: Soil, rock and ore From the mineral to the magmatic , sedimentary and metamorphic environments. *Earth-Science Reviews*, *161*, 16-129. https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2016.07.003

Espinosa Borges, A. E. (2019). *Evaluación de las arcillas caoliníticas de las escombreras del yacimiento Dumañuecos para la producción de cemento de bajo carbono.* (Trabajo de Diploma, Universidad de Moa). http://ninive.ismm.edu.cu/handle/123456789/3756

Espinosa-Borges, A. E., Pérez-García, L. A., Leyva-Rodríguez, C. A., Cruz-Ramírez, Y., Cobas-Torres, R. Y., Torres-La Rosa, M., & Aguirre-Guillot, G. (2022). Análisis petrográfico y mineragráfico de las rocas del yacimiento de arcillas caoliníticas Dumañuecos. *Minería y Geología*, *38*(1), 53-69. https://revista.ismm.edu.cu/index.php/revistamg/article/view/art5_No_1_2_2022

Formell Cortina, F. de A. (2021). *Metalogenia del intemperismo en Cuba, una de mis experiencias como geólogo*. Instituto de Geología y Paleontología (Servicio Geológico de la República de Cuba).

Galán, E. (2006). Genesis of clay minerals. En *Handbook of Clay Science*, 1(5), 1129-

1162). https://doi.org/10.1016/S1572-4352(05)01042-1

García Obregón, L., Pérez-García, L.A., Alujas Díaz, A., Espinosa-Borges, A.E. & Kirsch, A. (2024). Genesis and crystallinity as factors to consider during the quantification of clay mineral phases: case studies of Cayo Guam and Dumañuecos. *Minería y Geología,* *40*(2), 73-84. https://revista.ismm.edu.cu/index.php/revistamg/article/view/2502

González Jiménez, H.A. (2022). *Análisis de similitudes geoquímicas de manifestaciones de arcillas caoliníticas en Cuba Oriental relacionadas genéticamente con la Formación Caobilla.* (Trabajo de Diploma, Universidad de Moa). http://ninive.ismm.edu.cu/handle/123456789/4109

Hidalgo Suárez, A., Sánchez, Herrera, C. G., Serrano Romero, A., Cruz Ramírez, Y., Espinosa Borges, A. E., García Obregón, L., Pereira Báez, M. J. & Pérez García, L. A. (2019). Caracterización de procesos geológicos en el depósito de arcillas de Cayo Guam y su relación con la producción de cemento de bajo carbono. *Ciencia & Futuro*, *9*(1), 19-31. https://revista.ismm.edu.cu/index.php/revistacyf/article/view/1769

Hidalgo-Suárez, A. E., Pérez-García, L. A., Espinosa-Borges, A. E., García-Obregón, L., & Herrera Sánchez, C. G. (2022). Evaluación de las arcillas caoliníticas de la manifestación Mir como material cementicio suplementario. *Ciencia & Futuro*, *12*(1), 1-16. https://revista.ismm.edu.cu/index.php/revistacyf/article/view/2127

Milian, I., Díaz de Villalvilla, L., Palacios, B., & Pérez, M. (2001). *Características geoquímicas y mineralógicas de las rocas de la formación Caobilla*. *IV Congreso de Geología y Minería*, Mineralogía, Petrología y Geoquímica. http://www.redciencia.cu/geobiblio/paper/2001_Milia_Caobilla_Geomin.pdf

Schmidt, R. (1981). Descriptive nomenclatura and classification of pyroclastic deposits and fragments of the IUGS Subcommision on the Systematics of igneous Rocks. *Geology, 9*(1), 41-43. https://link.springer.com/article/10.1007/BF01822152

Stanek, D.P. (1996). The Cretaceous island-arc rocks of the Camagüey area, central Cuba. *Zentralblatt für Geologie und Palaontologie*, *7(8)*, 935-945.

Velde, B. (2013). *Origin and Mineralogy of the clays. Clays and the Eviroments*. Springer Science & Bussiness Media.

Velde, B. & Meunier, A. (2008). The origin of clay minerals in soils and weathered rocks. *Springer Science & Business Media*. https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2

Wilson, M. J. (1999). The origin and formation of clay minerals in soils: past, present and future perspectives. *Clay Minerals*, *34*(1), 7-25. https://doi.org/10.1180/000985599545957